

COLUMBIA UNIVERSITY LIBRARIES
Special Collections
Spec Ms Coll Tesla

Tesla, Nikola
Die Uebertragung Elektrischer Energie
Ohne Draht.
n.p., n.d.
t.ms., 13 p.
(Mitgeteilt an Electrical World and Engineer,
5 Maers, 1904.)

213803

COLUMB

Spec P

DIE UEBERTRAGUNG ELEKTRISCHER ENERGIE OHNE DRAHT.

(Mitgeteilt an Electrical World and Engineer, 5 Maerz, 1904.)

Tesla, Nikola

Die Übertragung

n.p. n.d.

t.m. 1904

Von Nikola Tesla.

21380E

Es ist unmöglich Ihrem hoefflichen Ansuchen, gemacht bei einer Gelegenheit ^{so hoefflich} von ^{so grosser} Bedeutung in dem Leben Ihres Journals, zu widerstehn. Ihr Brief hat die Erinnerung an unsere beginnende Freundschaft, ^{an} die ersten unvollkommenen ^{Befreiungen} Versuche und unerdienten Erfolge, ^{Trennung} Gefaelligkeiten und Missverstaendnisse neu belebt. ^{Auch sehr leicht} Er hat die Grosse fruherer Erwartungen, ^{den} das schnelle ⁱⁿ Entfalten der Zeit und, ^{beiden} echt die Kleinheit der Verwirklichungen ^{schon} ~~schon~~ ^{schon} ins Gedaechnis gerufen. Die folgenden Zeilen, welche, ~~waere es~~ nicht wegen Ihrer Anregung, vielleicht eine lange Zeit der Oeffentlichkeit noch nicht uebergeben worden waeren, sind ein Anerbieten in der freundlichen Stimmung von Alters her, und meine besten Wunsch-
sche auf Ihren zukuenftigen Erfolg begleiten sie.

Gegen Ende des Jahres 1898 fuehrte mich eine systematische Forschung, der ich seit Jahren obgelegen hatte in der Absicht eine Methode elektrischer Energieuebertragung durch das natuerliche Medium zu vervollkommen, zu der Erkenntnis drei wichtiger Erfordernisse: erstens, die Entwicklung eines Senders von grosser Kraft; zweitens, die Vervollkommenung von Mitteln zur Individualisierung und Absonderung der uebertragenen Energie; und, drittens, die Feststellung der Gesetze der Fortpflanzung von Stroemen durch die Erde

und die Atmosphaere. Verschiedene Gruende, von denen nicht der geringste die mir von meinem Freunde Leonard E. Curtis und der Colorado Springs Electric Company angebotene Hilfe war, bewogen mich, fuer meine experimentellen Untersuchungen das grosse plateau, zwei tausend Meter ueber der Meeresflaeche, in der Naehc dieses reizenden Kurortes zu wahlen, welchen ich spaet im Mai 1899 erreichte. Kaum war ich einige Tage dort gewesen, als ich mich schon zu der gluecklichen Wahl gratulieren konnte, und ich begann die Aufgabe, fuer welche ich mich lange geschult hatte, mit dankbarem Sinne und voll begeisternder Hoffnung. Die vollkommene Reinheit der Luft, die unvergleichliche Schoenheit des Himmels, der erhabene Anblick einer hohen Gebirgskette - alles rund umher trug dazu bei, die Bedingungen fuer wissenschaftliche Beobachtungen ideal zu machen. Dazu kam noch der belebende Einfluss eines herrlichen Klimas und eine eigenartige Verschaerfung der Sinne. Die Organe unterziehen sich in jenen Regionen merkliehen physikalischen Veraenderungen. Die Augen nehmen eine ausserordentliche Klarheit an, was die Sehkraft verbessert; die Ohren troeknen aus und werden empfindlicher gegen Schall. Man kann dort Gegenstaende auf schon grosse Entfernungen unterscheiden, dass ich vorziehe, diese von jemand anders nennen zu lassen, und ich habe - dies kann ich zu beweugen wagen - sieben und acht hundert Kilometer weit entfernte Donnerschlaege gehoert. Ich haette sie auf noch groessere Entfernungen hoeren koennen, wenn es nicht langweilig gewesen waere, die Ankunft der Laute,

die nach bestimmten Zwischenraeumen erfolgte, genau wie sie - fast eine Stunde im Voraus - von einem elektrischen Anzeigeapparat angekündet wurde, zu erwarten.

In der Mitte des Monats Juni, waehrend Vorbereitungen auf andere Arbeit vor sich gingen, stellte ich einen meiner Empfangstransformatoren auf in der Absicht, auf eine neue Weise, experimentell, das elektrische potentiell der Erdoegel zu bestimmen und dessen periodische und gelegentliche Schwankungen zu beobachten. Dies war ein Teil eines sorgfaeltig im Voraus entworfenen Planes. Eine hoechst empfindliche, sich selbst wiederherstellende Vorrichtung, welche ein registrierendes Instrument kontrollierte, war in den sekundaren Stromkreis eingeschaltet, waehrend die Primaere mit der Erde und mit einem erhobenen Pol von regulierbarer Kapazitaet verbunden war. Die Variationen des Potentiells verursachten elektrische Wogungen in der Primaere; diese erzeugten sekundaeere Stroeme, die wiederum auf die empfindliche Vorrichtung und den Registrator im Verhaeltnis zu ihrer Intensitaet einwirkten. Es stellte sich heraus, dass die Erde buchstaeblieh mit elektrischen Schwingungen belebt war, und bald war ich fast gaenzlich in dieser interessanten Forschung vertieft. Bessere Gelegenheiten zu solchen Beobachtungen wie ich zu machen beabsichtigte koemten nirgends gefunden werden. Colorado ist ein Land, das wegen der Entfaltung natuerlicher elektrischer Kraft beruehmt ist. In der troeckenen und verduenneten Atmosphaere scheint die Sonne mit grimmiger Intensitaet

auf die Gegenstaende herab. Ich entwickelte Dampf bis auf einen gefaehrlichen Druck in mit konzentrierter Salzloesung gefuellten Faessern, und die Staniolueberzuege einiger meiner erhoehten Pole schrumpften in der feurigen Glut zusammen. Ein experimenteller Hochspannungstransformator, der unvorsichtigerweise den Strahlen der untergehenden Sonne ausgesetzt worden war, wurde durch das Herausschmelzen der Isolationsmischung verdorben. Die Trockenheit und Duemmheit der Luft traegt dazu bei, dass das Wasser wie in einem Kessel verdampft, und statische Elektricitaet entwickelt sich in grosser Menge. Blitzentladungen sind demgemaeess sehr Haeufig und mitunter von unbegreiflicher Heftigkeit. Bei einer Gelegenheit fanden in zwei Stunden annaehernd zwouelf tausend Entladungen statt, und alle in einem Radius von gewiss weniger als fuenfzig Kilometer vom Laboratorium. Viele derselben glichen riesenhaften Baeeumen aus Feuer mit den Staemmen nach oben oder unten. Kugelblitze habe ich nicht gesehen, aber als Belohnung fuer meine Enttaeusung gelang es mir spaeter, die Art ihrer Bildung zu bestimmen und sie kuenstlich zu erzeugen.

Am Ende desselben Monats bemerkte ich mehrere Male, dass meine Instrumente durch Entladungen, die in grosser Entfernung stattfanden, staerker beeinflusst wurden, als durch solche in der Naeh. Das war fuer mich ein grosses Raetsel. Was war die Ursache? Eine Reihe von Beobachtungen bewies, dass es nicht von dem Unterschiede in der Intensitaet zwischen den einzelnen Entladun-

gen herruehren konnte, und ich stellte leicht fest, ~~und ich stellte leicht fest~~, dass das Phaenomen nicht das Resultat eines variierenden Verhaeltnisses zwischen den Perioden meiner ~~Empfaengerstromkreise~~ und denen der irdischen Stoerungen war. Eines Abends, als ich mit einem Assistenten heinging und ueber diese Erfahrungen nachsann, ueberwaeltigte mich ploetzlich ein Gedanke. Vor Jahren, als ich ein Kapitel meines Vortrages vor dem Franklin Institute und der National Electric Light Association schrieb, war er mir auch eingefallen, aber ich hatte ihn als absurd und unmoeglich verworfen. Ich verbannte ihn wieder. Mein Instinkt war jedoch wach gerufen, und ich fuehlte irgendwie, dass ich mich einer grossen Offenbarung naecherte.

Es war am dritten Juli - das Datum werde ich nie vergessen - als ich den ersten entscheidenden, experimentellen Beweis einer Wahrheit von ueberwaeltigender Wichtigkeit fuer den Fortschritt der Menschheit erhielt. Eine dunkle, stark geladene Wolkenmasse sammelte sich im Westen. Gegen Abend brach ein heftiges Gewitter los, welches, nachdem es einen betraechtlichen Teil seiner Gewalt in den Bergen von sich gegeben hatte, mit grosser Geschwindigkeit ueber die Ebene dahingejagt wurde. Dicke und lang anhaltende Bogen bildeten sich in fast regelmaessigen Zwischenraeumen. Meine Beobachtungen waren nun sehr erleichtert, und die schon gewonnenen Erfahrungen machten sie genauer. Ich war imstande, meine Instrumente schnell zu manipulieren und ich war vorbereitet. Da der Registrier-

apparat richtig ajustiert war, wurden seine Anschlaege mit der zunehmenden Entfernung des Gewitters schwaecher und schwaecher, bis sie gaenzlich aufhoerten. Ich beobachtete in begieriger Erwartung. Und wirklich, nach einer kleinen Weile fingen die Anschlaege wieder an, wurden staerker und staerker und, nachdem sie ein Maximum ueberschritten hatten, wurden sie allmaechlich schwaecher und hoerten wieder auf. Viele Male wiederholten sich dieselben Wirkungen in regelmaessig wiederkehrenden Zwischenraeumen bis der Sturm, der, wie einfache Berechnungen erwiesen, sich mit fast gleichmaessiger Geschwindigkeit bewegte, sich auf eine Entfernung von etwa dreihundert Kilometer zurueckgezogen hatte. Und auch dann liessen diese seltsamen Wirkungen noch nicht nach, sondern fuhren fort, sich mit unverminderter Staerke zu offenbaren. Spaeter wurden aehnliche Beobachtungen auch von meinem Assistenten, Herrn Fritz Loewenstein, gemacht, und kurz nachher boten sich mehrere vortreffliche Gelegenheiten dar, die das wirkliche Wesen des wunderbaren phaenomens noch kraeftiger und unverkennbar an den Tag brachten. Es blieb kein Zweifel; Ich beobachtete stehende Wellen.

Indem die Quelle der Stoeurungen sich fortbewegte, kam der Empfaengerstromkreis nacheinander auf ihre Knoten- und Bauchpunkte. So unmoeglich es auch schien, verhielt sich dieser planet, trotz seines gewaltigen Umfanges, wie ein Leiter von beschraenkten Dimensionen. Die ungeheure Bedeutung dieser Tatsache fuer die Uebertragung von Energie nach meinem System war mir schon ganz klar gewor-

den. Nicht nur war es moeglich, ohne Draht telegraphische Botschaften nach irgendeiner Entfernung zu senden, was ich schon vor langer Zeit erkannt hatte, sondern auch die schwachen Modulationen der menschlichen Stimme konnten der ganzen Erdkugel aufgepraegt werden, und vielmehr noch, man konnte Kraft in unbegrenzten Quantitaeten auf jede beliebige irdische Entfernung und fast ohne Verlust uebertragen.

Mit diesen erstaunlichen Moeglichkeiten in Aussicht, mit dem experimentellen Beweise vor mir, dass ihre Verwirklichung von nun an nur eine Frage von Fachkenntnis, Geduld und Geschicklichkeit war, nahm ich die Entwicklung meines Sendemultiplikators kraeftig in Angriff, jetzt jedoch nicht so sehr mit der urspruenglichen Absicht, einen solchen von grosser Kraft zu erzeugen, sondern vielmehr zu dem Zwecke, den besten konstruieren zu lernen. Dies ist im Wesentlichen ein Stromkreis sehr hoher Selbstinduktion und geringen Widerstandes, den man wol einem typischen, in der Telegraphie mit Hertz'schen oder elektromagnetischen Wellen benutzten Stromkreise als gerade entgegengesetzt bezeichnen kann. Es ist schwer, sich von der wunderbaren Kraft dieser eigenartigen Vorrichtung einen Begriff zu machen. Da die elektromagnetischen Strahlungen auf eine unbedeutende Quantitaet herabgesetzt und richtige Resonanzverhaeltnisse aufrecht erhalten werden, wirkt der Stromkreis wie ein ungeheures Pendulum, indem er die primaeren Erregerimpulse unbegrenzt aufspeichert und der Erde und ihrer leitenden Atmosphaere gleich-

foermige harmonische Schwingungen aufpraegt, deren Intensitaeten, wie wirkliche Versuche gezeigt haben, so weit getrieben werden koennen, dass sie diejenigen, welche bei der natuerlichen Entfaltung statischer Elektrizitaet erreicht werden, uebertreffen.

Gleichzeitig mit diesen Bestrebungen wurden auch die Mittel der Individualisierung und Absonderung der Energie allmaechlich verbessert. Grosse Wichtigkeit wurde dieser Arbeit beigemessen, denn es fand sich, dass einfaches Abstimmen nicht hinreichte, um den strengen praktischen Erfordernissen gerecht zu werden. Die fundamentale Idee, zum Zwecke der Absonderung der uebertragenen Energie eine Anzahl absonderlicher, kooperativ vereinigter Elemente anzuwenden, fuehre ich direkt auf meine Lektuere von Spencer's klarer und anregender Auslegung des menschlichen Nervenmechanismus zurueck. Welchen Einfluss dieses Prinzip auf die Uebertragung von Intelligenz und elektrischer Energie im Allgemeinen haben wird, kann jetzt noch nicht abgeschaezt werden, denn die Kunst ist noch im Keinzustande; aber die gleichzeitige Uebermittlung von tausenden von telegraphischen oder telephonischen Botschaften durch einen einzigen Leitungskanal, sei er natuerlich oder kuenstlich, ohne gefaehrliche gegenseitige Stoerung, ist gewiss ~~moeglich~~ moeglich, waehrend Millionen moeglich sind. Andererseits kann durch Anwendung einer grossen Anzahl kooperativer Elemente und willkuerliche Aenderung ihrer absonderlichen Eigenschaften und ihrer Reihenfolge ~~irgen~~ ein beliebiger Grad der Individualisierung erreicht werden. Aus augenscheinli-

chen Gruenden wird dieses Prinzip auch fuer die Erweiterung der Uebertragungsentfernung von Wert sein.

Der Fortschritt, obgleich notwendigerweise langsam, war bestaendig und sicher, denn die Ziele, nach denen ich strebte, waren in der Richtung meiner fortwachrenden Studien und Taetigkeit. Es ist deshalb kein Wunder, dass ich schon vor Ende des Jahres 1899 die unternommene Aufgabe beendete und die Resultate erreichte, welche ich in meinem Artkel im Century Magazine vom Juni, 1900, in dem jedes Wort sorgfaeltig gewogen wurde, anzeigte.

Es ist schon viel getan, um mein System kommerziellen Gebrauch zur Verfuegung zu stellen, sowol zur Uebertragung von Energie in kleinen Quantitaeten fuer spezifische Zwecke, als auch auf industriellem Maassstabe. Die von mir erzielten Resultate haben meinen Plan der Intelligenzuebermittlung, fuer welche der Name "Welttelegraphie" vorgeschlagen worden ist, leicht ausfuehrbar gemacht. Das Prinzip ihrer Wirkung, die angewandten Mittel und ihre Anwendungsfahigkeiten bilden, glaube ich, eine radikale und fruchtbare Abweichung von dem, was vorher getan worden ist. Ich habe keinen Zweifel, dass sie sich fuer die Aufklaerung der Massen, besonders in noch uncivilisierten Laendern und schwer zugaelichen Regionen, sehr wirksam erweisen, und dass sie zur allgemeinen Sicherheit, Bequemlichkeit und Volsein, und der Aufrechterhaltung friedlicher Verhaeltnisse wesentlich beitragen wird. Sie bedingt die Anwendung einer Anzahl von Anlagen, welche alle imstande sind,

individualisierte Signale nach den äussersten Grenzen der Erde zu senden. Jede derselben wird vorzugsweise in der Nähe eines wichtigen Civilisationspunktes gelegen sein, und die Nachrichten, welche sie durch beliebige Mittel und Wege empfängt, werden nach allen Punkten der Erde geblickt. Eine billige und einfache Vorrichtung, die man in der Tasche tragen könnte, kann dann irgendwo auf See oder Land aufgestellt werden, und wird die Neuigkeiten der Welt, oder solche spezielle Depeschen, die fuer sie bestimmt sind, verzeichnen. Auf diese Weise wird die ganze Erde so zu sagen in ein riesiges Gehirn verwandelt werden, welches imstande ist, in jedem Teile die Mitteilungen aufzunehmen. Da eine einzige Anlage von nur hundert Pferdestärken hunderte Millionen von Instrumenten betätigen kann, wird das System ein tatsächlich unbegrenztes Arbeitsvermögen haben, und muss notwendigerweise die Uebermittlung von Intelligenz ungeheuer erleichtern und billiger machen.

Die erste dieser Centralanlagen wäre schon beendet, wenn sich nicht unvorhergesehene Verzögerungen eingestellt hätten, die jedoch glücklicherweise nichts mit dem rein technischen Charakter zu tun haben. Aber dieser Zeitverlust, obgleich verdriesslich, diente sich schliesslich doch als ein Segen in Verkleidung erweisen. Die beste mir bekannte Konstruktion ist gewählt worden, und der Sender wird einen Wellenkomplex von einer gesamten maximalen Aktivität von zehn Millionen Pferdestärken, von welcher ein Prozent reichlich genug ist, "die Erdoberfläche zu umgürten", von sich geben. Der Effekt dieser ungeheuren Energieabgabe, fast zweimal so

viel als die gesamten Niagaragefaelle, kann nur durch Anwendung gewisser Kunstgriffe, die ich seiner Zeit bekannt machen werde, erzielt werden.

Der Einen grossen Teil der Arbeit, die ich bis jetzt getan habe, habe ich der edlen Grossmutter Herrn J. Pierpont Morgan's zu verdanken, die um so willkommener und ermutigender war, weil sie zu einer Zeit gewahrt wurde als diejenigen, die seitdem am meisten versprochen haben, die grosssten Zweifler waren. Auch meinen Freund Stanford White muss ich fuer viele uneigennuetzige und wertvolle Hilfe danken. Diese Arbeit ist nun weit vorgeschritten, und wenn auch die Resultate verspaetet sind, werden sie doch sicher kommen.

Die Uebertragung von Energie auf industriellem Maassstabe wird mittlerweile nicht vernachlaessigt. Die Canadian Niagara Power Company hat mir ein vorzuegliches Angebot gemacht, und eine fast eben so grosse Genugthuung als das Erringen von Erfolg der Kunst halber wird es mir verschaffen, ihre Konzession fuer sie finanziell vorteilhaft zu machen. In dieser ersten Kraftanlage, mit deren Entwurf ich seit langer Zeit beschaeftigt bin, beabsichtige ich, zehn tausend Pferdekraefte unter einer Spannung von hundert Millionen Volt, die ich jetzt mit Sicherheit erzeugen und ha^{ve}n haben kann, zu verteilen.

Diese Energie wird ueberall auf der Erde gesammelt werden, vorzugsweise in kleinen Quantitaeten, von einem Bruchteil einer bis

mehreren Pferdestaerken. Einer ihrer Hauptanwendungen wird die Beleuchtung vereinzelt gelegener Heimstaetten sein. Es ^{bedarf} ~~erfordert~~ sehr wenig Kraft, eine Wohnung mit Vakuumroehren, die von Hochfrequenzstroemen erregt werden, zu erleuchten, und in jedem Falle wird ein ein wenig ueber dem Dach erhobener Pol hinreichen. Noch ein wertvoller Gebrauch wird das Antreiben von Uhren und dergleichen Apparate sein. Diese Uhren werden ausserordentlich einfach sein, werden absolut keiner Wartung beduerfen und werden genau die richtige Zeit angeben. Die Idee der Erde amerikanische Zeit aufzupraegen ist bezaubernd und wird sehr wahrscheinlich populaer werden. Es giebt unzaehlbare Vorrichtungen aller Arten, die entweder jetzt im Gebrauch sind oder geliefert werden koennen, und indem ich sie auf diese Weise in Betrieb setze, duerfte ich imstande sein, mit einer Anlage von nicht mehr als zehn tausend Pferdestaerken der ganzen Welt eine grosse Kommoditaet zu bieten. Die Einfuehrung dieses Systems wird Gelegenheiten gewahren fuer Erfindung und Fabrikation, wie sie sich noch nie vorher dargeboten haben.

Da ich der weitreichenden Wichtigkeit dieses ersten Versuchs und dessen Einfluss auf zukuenftige Entwicklung gewaertig bin, werde ich langsam und sorgfaeltig zu Werke gehen. Erfahrung hat mich gelehrt fuer Unternehmungen, die nicht gaenzlich von meinen eigenen Faehigkeiten und Anstrengungen abhaengen, einen Termin festzusetzen. Aber ich bin voller Hoffnung, dass diese grossen Verwirklichungen nicht weit entfernt sind, und ich weiss dass, wenn dieses erste Werk vollendet ist, sie mit mathematischer Gewissheit folgen werden.

Wenn die grosse, zufaellig enthuelte und experimentell
bestaetigte Wahrheit voellig erkannt wird, dass dieser Planet, bei
all seiner erschreckenden Unermesslichkeit, fuer elektrische Strooe-
me tatsaechlich nichts mehr ist als eine kleine Metallkugel und
dass ~~infolge~~ dieser Tatsache die Verwirklichung vieler Moeglichkei-
ten, von denen jede der Einbildungskraft spottet und von unberechen-
barer Bedeutung ist, absolut sicher macht; wenn die erste Anlage in
Betrieb gesetzt und bewiesen wird, dass eine telegraphische Bot-
schaft, fast so geheim und unstoerbar wie ein Gedanke, auf irgend
eine irdische Entfernung uebertragen werden, dass der Schall der
menschlichen Stimme, mit allen ihren Intonationen und Modulationen,
getreu und augenblicklich an irgend einer andern Stelle der Erde
wieder erzeugt werden, dass die Energie eines Wasserfalles zur
Lieferung von Licht, Waerme und Triebkraft, irgendwo - auf See, oder
Land oder hoch oben in der Luft - verwendbar gemacht werden kann,
dann wird die Menschheit sein wie ein Ameisenhaufe, den man mit
einem Stock aufgeruehrt hat: Sehet die Aufregung die da kommt!